

**PENINGKATAN SISTEM OTOMASI PADA MESIN
AUTOMATION FILLING SYSTEM UNTUK MENDUKUNG
ENTERPRISE RESOURCE PLANNING BERBASIS WEBSITE**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhammad Irfan Firdaus

221441043



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**PENINGKATAN SISTEM OTOMASI PADA MESIN
AUTOMATION FILLING SYSTEM UNTUK Mendukung
ENTERPRISE RESOURCE PLANNING BERBASIS WEBSITE**

Oleh:

Muhammad Irfan Firdaus
221441043

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 24 Juli 2025

Disetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II,

Siti Aminah, S.T., M.T.
NIP. 197408172009122001

Gun Gun Maulana, S.Pd., M.T.
NIP. 197408172009122001

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Dr. Noval Lilansa,
Dipl.Ing. (FH)., M.T.
NIP. 197111231995121001

Ir. Duddy Arisandi,
S.T., M.T.
NIP. 224409017

Aan Eko Setiawan,
S.T., M.T.
NIP. 199306082024061002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irfan Firdaus
NIM : 221441043
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : PENINGKATAN SISTEM OTOMASI PADA
MESIN *AUTOMATION FILLING SYSTEM*
UNTUK Mendukung *ENTERPRISE*
RESOURCE PLANNING BERBASIS
WEBSITE

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 24 – 07 – 2025

Yang Menyatakan,

(Muhammad Irfan Firdaus)

NIM 221441043

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irfan Firdaus
NIM : 221441043
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : PENINGKATAN SISTEM OTOMASI PADA
MESIN *AUTOMATION FILLING SYSTEM*
UNTUK Mendukung *ENTERPRISE*
RESOURCE PLANNING BERBASIS
WEBSITE

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*Database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 24 – 07 – 2025

Yang Menyatakan,

(Muhammad Irfan Firdaus)

NIM 221441043

MOTO PRIBADI

Bismillahirrahmanirrahim.

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah 94: 6-7)

"Barangsiapa yang menginginkan (kebahagiaan) dunia, maka hendaklah ia mencapainya dengan ilmu. Barangsiapa yang menginginkan (kebahagiaan) akhirat, maka hendaklah ia mencapainya dengan ilmu. Dan barangsiapa yang menginginkan keduanya (kebahagiaan dunia dan akhirat), maka hendaklah ia mencapainya dengan ilmu."

(Imam Syafi'i)

"Agar kamu jangan merasa sedih terhadap apa yang luput dari kamu, dan agar kamu jangan terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai setiap orang yang sombong, membanggakan diri."

(Q.S. Al-Hadid :23)

"selalu melibatkan Allah, sebab kita ga bisa apa-apa tanpa pertolongan-Nya, dan kalo Allah udah nolong kita, semuanya gaada apa-apanya (QS. 3: 160).

Berlandaskan hal itu, aku berangkat dengan penuh keyakinan, lalu berjalan dengan penuh keikhlasan dan Istiqomah dalam menghadapi ujian dengan menjadi Muslim yang berikhtiar sungguh-sungguhny seolah-olah ikhtiar adalah segalanya, lalu bertawakal sepenuhnya seolah-olah ikhtiarnya tidak ada apa-apanya. Karena pada akhirnya, hanya kepada Allah saya mengabdikan, memohon ampunan dan pertolongannya."

Alhamdulillah. Tugas akhir ini saya persembahkan khusus untuk kedua orang tua saya tercinta, adik-adik, guru, sahabat dan teman-teman, serta semua pihak yang telah membantu saya, tak lupa teruntuk saya sendiri yang telah Allah beri kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. *Jazakallahu khairan.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. Hanya kepada-Nya kami berlindung serta memohon pertolongan. Yang telah memberikan rasa aman, menyelamatkan dari kesulitan dan tidak membiarkan terjatuh ke dalam kesesatan yang nyata. Aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Nabi Muhammad adalah utusan Allah.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Peningkatan Sistem Otomasi Pada Mesin *Automation Filling System* Untuk Mendukung *Enterprise Resource Planning* Berbasis Website”.

Tugas akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, rasa syukur dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan, do'a, ilmu, moril maupun materiil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga dapat selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.Tr.T., M.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Ibu Siti Aminah, S.T., M.T., Bapak Gun Gun Maulana, S.Pd., M.T.

5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing(FH), M.T., Bapak Ir. Duddy Arisandi, S.T., M.T., dan Bapak Aan Eko Setiawan, S.T., M.T.
6. Dosen Bapak Andri Wiyono, S.Tr.T.
7. Panitia Tugas Akhir bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd. dan rekan-rekan.
8. Teristimewa kepada Orang Tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril maupun materil kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Percayalah, tanpa *backup* doa beliau-beliau saya tidak akan kuat. Doa beliau-beliau *powerfull* sekali.
9. Untuk kakak dan adik saya yang keren dan terbaik serta yang telah ikhlas melapangkan hatinya.
10. Untuk sahabat dan kekasih saya. Terima kasih sudah selalu ada
11. Untuk teman-teman saya, khususnya 4 AEB-2 yang sudah mau saling bekerjasama dan membagi ilmu serta pengalaman untuk berjuang bersama-sama.
12. Terakhir, kepada yang paling penting diri saya sendiri, terima kasih telah bertahan dan berjuang sejauh ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya, semoga bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin Ya Robbal Alamin.*

Bandung, 24 juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Integrasi antara Teknologi Operasional (OT) di lantai produksi dengan Teknologi Informasi (IT) di tingkat *Enterprise* merupakan pilar fundamental Industri 4.0. Namun, data operasional dari sistem kontrol seperti PLC seringkali terisolasi, menghambat efisiensi pengambilan keputusan. Penelitian ini berfokus pada "peningkatan sistem otomasi" pada prototipe mesin *Automation Filling System* (AFS) dengan merencanakan sebuah arsitektur jembatan data (*data gateway*) OT-IT sebagai solusi alternatif dari penelitian sebelumnya yang menggunakan *middleware* komersial. Metodologi penelitian mencakup perancangan dan implementasi sebuah *gateway* komunikasi dua arah menggunakan *Platform open-source* Node-RED. *Gateway* ini menghubungkan PLC Mitsubishi FX5U dengan basis data MySQL melalui protokol industri Modbus TCP/IP, di mana sebuah aplikasi web ERP pendukung dibangun untuk memvalidasi alur data secara fungsional. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan implementasi arsitektur yang diusulkan dengan tingkat konektivitas 100%. *Gateway* Node-RED terbukti andal dalam melakukan komunikasi dua arah: mengirimkan perintah kontrol (*write*) ke PLC dan mengakuisisi data operasional (*read*) secara *real-time* dengan interval *polling* 0,5 detik. Data yang terintegrasi berhasil memicu pembaruan otomatis pada modul inventaris di aplikasi ERP, memvalidasi fungsionalitas *end-to-end*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa arsitektur integrasi data berbasis Node-RED merupakan solusi yang efektif, fleksibel, dan berbiaya rendah untuk meningkatkan kapabilitas sistem otomasi, menjadikannya mampu berintegrasi secara mulus dengan sistem di tingkat *Enterprise*.

Kata kunci: Peningkatan Sistem Otomasi, Integrasi OT-IT, Node-RED, Modbus TCP/IP, PLC, *Enterprise Resource Planning* (ERP).

ABSTRACT

The integration between Operational Technology (OT) on the production floor and Information Technology (IT) at the Enterprise level is a fundamental pillar of Industry 4.0. However, operational data FROM control Systems such as PLCs are often isolated, hindering decision-making efficiency. This research focuses on the "enhancement of the Automation System" on an Automation Filling System (AFS) Prototype by engineering an OT-IT data gateway architecture as an alternative solution to previous research that utilized commercial middleware. The research methodology includes the design and implementation of a two-way communication gateway using the open-source Platform Node-RED. This gateway connects a Mitsubishi FX5U PLC to a MySQL Database via the Modbus TCP/IP industrial protocol, with a supporting ERP web application built to functionally validate the data flow. Test results demonstrate the successful implementation of the proposed architecture with a 100% connectivity rate. The Node-RED gateway proved reliable in performing two-way communication: sending control commands (write) to the PLC and acquiring operational data (read) in real-time with a 0.5-second polling interval. The integrated data successfully triggered Automation updates in the ERP application's inventory module, validating the end-to-end functionality. This research concludes that the Node-RED-based data integration architecture is an effective, flexible, and low-cost solution for enhancing the capabilities of an Automation System, enabling it to integrate seamlessly with Enterprise-level Systems.

Keywords: *Automation System Enhancement, OT-IT Integration, Node-RED, Modbus TCP/IP, PLC, Enterprise Resource Planning (ERP).*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
I. BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-5
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Sistem Otomasi Industri dan Piramida Otomasi	II-1
II.1.2 Sistem ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>)	II-2
II.1.3 <i>Automation Filling System</i> (AFS)	II-4
II.1.4 Metode <i>Waterfall</i> dalam Pengembangan Sistem	II-6
II.2 Tinjauan Alat.....	II-6
II.2.1 Komponen Perangkat Keras Sistem Kontrol dan Akuisisi Data.	II-6
II.2.2 Arsitektur Integrasi Data OT-IT.....	II-13
II.2.3 <i>GX Works</i>	II-15
II.2.4 Teknologi Pendukung Lapisan Aplikasi dan Presentasi	II-16
II.3 Studi Penelitian Terdahulu	II-18
III. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Gambaran Umum Sistem	III-1
III.2 Arsitektur dan Alur Kerja Perangkat Keras	III-3
III.2.1 Gambaran Umum Arsitektur Perangkat Keras	III-3

III.2.2	Diagram Alir Proses Mesin.....	III-6
III.3	Metode Pengembangan Sistem.....	III-8
III.3.1	<i>Requirements Gathering and Analysis</i>	III-9
III.3.2	<i>Design System</i>	III-11
III.3.3	<i>Implementation</i>	III-40
III.3.4	<i>Integration and Testing</i>	III-40
III.3.5	<i>Verification</i>	III-40
III.3.6	<i>Operation & Maintenance</i>	III-41
IV.	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
IV.1	Implementasi Sistem Terintegrasi.....	IV-1
IV.1.1	Implementasi Perangkat Keras dan Mekanisme Mesin.....	IV-1
IV.1.2	Implementasi <i>Human-Machine Interface</i> (HMI).....	IV-2
IV.1.3	Implementasi Alur Data dengan Node-RED.....	IV-6
IV.1.4	Implementasi Logika Program pada <i>Gateway</i>	IV-7
IV.1.5	Mekanisme Pemantauan Data <i>Real-time</i>	IV-12
IV.1.6	Implementasi Pengiriman Data dari <i>Hardware</i> ke <i>Software</i> ...	IV-15
IV.1.7	Implementasi Antarmuka Website ERP.....	IV-18
IV.1.8	Tampilan Berdasarkan Pengguna.....	IV-44
IV.2	Hasil Pengujian Sistem.....	IV-59
IV.2.1	Pengujian Fungsionalitas Perangkat Keras (Sensor).....	IV-60
IV.2.2	Pengujian Fungsionalitas Antarmuka Monitoring.....	IV-73
IV.2.3	Pengujian Fungsionalitas Aplikasi Website ERP.....	IV-75
IV.3	Analisis Kinerja Sistem dan Pembahasan.....	IV-80
IV.3.1	Analisis Waktu Siklus Produksi.....	IV-80
IV.3.2	Analisis Kapasitas dan Efisiensi Produksi.....	IV-83
IV.3.3	Pembahasan Implikasi Sistem Terintegrasi.....	IV-83
V.	BAB V PENUTUP.....	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-2
VI.	DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
VII.	LAMPIRAN.....	xx
Lampiran 1	xx
Lampiran 2	xxii
Lampiran 3	xxxiii

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu.....	II-18
Tabel III. 1 Analisa Alat dan Bahan Sistem.....	III-9
Tabel III. 2 Penggunaan Pin Pada <i>Mikrocontroller</i>	III-17
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Proximity</i> 1	IV-61
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Proximity</i> 2	IV-61
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Proximity</i> 3	IV-62
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Proximity</i> 4.....	IV-63
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Fungsionalitas <i>Photo sensor</i> RGB 1	IV-64
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Fungsionalitas <i>Photo sensor</i> RGB 2	IV-64
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Optic</i> 1	IV-66
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Optic</i> 2.....	IV-66
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Ultrasonic</i>	IV-67
Tabel IV. 10 Pengujian Sensor <i>Ultrasonic</i> Dengan Pengukuran Ketinggian ..	IV-68
Tabel IV. 11 Pengujian Fungsionalitas Tombol	IV-69
Tabel IV. 12 Pengujian Fungsionalitas Aktuator	IV-70
Tabel IV. 13 Pengujian Fungsionalitas Indikator	IV-71
Tabel IV. 14 Pengujian Fungsionalitas Konektivitas.....	IV-72
Tabel IV. 15 Pengujian Monitoring pada Website Node Red	IV-74
Tabel IV. 16 Pengujian Fungsionalitas Website dan Berdasarkan Pengguna ..	IV-75
Tabel IV. 17 Data Pengujian Waktu Siklus Produksi per Unit.....	IV-81

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Arsitektur Fungsional Sistem ERP	II-3
Gambar II. 2	PLC Mitsubishi.....	II-8
Gambar III. 1	Arsitektur Sistem Terintegrasi	III-1
Gambar III. 2	Diagram Blok Sistem Perangkat Keras	III-4
Gambar III. 3	Diagram Alir Proses Mesin	III-6
Gambar III. 4	Skema Metode Penelitian <i>Waterfall</i>	III-8
Gambar III. 5	Sistem Mekanik <i>Plant Station 1</i>	III-12
Gambar III. 6	Sistem Mekanik <i>Plant Station 2</i>	III-13
Gambar III. 7	Diagram Pengkabelan I/O PLC <i>Plant Station 1</i>	III-14
Gambar III. 8	Diagram Pengkabelan I/O PLC <i>Plant Station 2</i>	III-15
Gambar III. 9	Rangkaian Sistem Monitoring Tanki	III-16
Gambar III. 10	Rancangan Antarmuka Monitoring Node-RED	III-18
Gambar III. 11	Rancangan Tampilan Halaman <i>Landing</i>	III-19
Gambar III. 12	Rancangan Tampilan Halaman <i>Login</i>	III-20
Gambar III. 13	Rancangan Tampilan Halaman <i>Reset Password</i>	III-21
Gambar III. 14	Rancangan Tampilan Halaman <i>Ubah Password</i>	III-22
Gambar III. 15	Rancangan Tampilan Halaman <i>Register</i>	III-23
Gambar III. 16	Rancangan Tampilan Halaman <i>Home (Admin)</i>	III-24
Gambar III. 17	Rancangan Tampilan Halaman <i>Dashboard (Admin)</i>	III-26
Gambar III. 18	Rancangan Tampilan Halaman <i>Unit (Master Data)</i>	III-27
Gambar III. 19	Rancangan Tampilan Halaman <i>Produk (Master Data)</i>	III-29
Gambar III. 20	Tampilan Halaman <i>Material (Master Data)</i>	III-30
Gambar III. 21	Rancangan Tampilan Halaman <i>Gudang Material</i>	III-32
Gambar III. 22	Rancangan Tampilan Halaman <i>Gudang Produksi</i>	III-33
Gambar III. 23	Rancangan Tampilan Halaman <i>Gudang Hasil</i>	III-35
Gambar III. 24	Rancangan Tampilan Halaman <i>Work In Process</i>	III-36
Gambar III. 25	Rancangan Tampilan Halaman <i>Level Pengguna</i>	III-38
Gambar III. 26	Rancangan Tampilan Halaman <i>Data Pengguna</i>	III-39

Gambar IV. 1 Wujud Fisik Prototipe Mesin <i>Automation Filling System</i>	IV-2
Gambar IV. 2 Tampilan HMI <i>Station 1</i>	IV-4
Gambar IV. 3 Tampilan HMI <i>Station 2</i>	IV-5
Gambar IV. 4 Tampilan <i>Dashboard</i> Monitoring Menggunakan Node-RED	IV-6
Gambar IV. 5 Alur Program Node-RED untuk Tombol <i>Start</i> dan <i>Return</i> PLC 1	IV-8
Gambar IV. 6 Alur Program Node-RED untuk Tombol <i>Reset</i> dan <i>Emergency</i> PLC 1.....	IV-9
Gambar IV. 7 Alur Program Node-RED untuk Memilih dan Menginput Jumlah Botol.....	IV-10
Gambar IV. 8 Alur Program Node-RED untuk Tombol <i>Start</i> dan <i>Return</i> PLC 2...	IV-11
Gambar IV. 9 Alur Program Node-RED untuk Tombol <i>Reset</i> dan <i>Stop</i> PLC 2.....	IV-11
Gambar IV. 10 Alur Program Node-RED untuk Tombol <i>Emergency</i> PLC 2	IV-12
Gambar IV. 11 Alur Program Node-RED untuk Visualisasi Data <i>Input</i> PLC 1.....	IV-13
Gambar IV. 12 Alur Program Node-RED untuk Visualisasi Data <i>Input</i> PLC 2.....	IV-14
Gambar IV. 13 Alur Program Node-RED untuk Visualisasi Data <i>Output</i> PLC 1....	IV-14
Gambar IV. 14 Alur Program Node-RED untuk Visualisasi Data <i>Output</i> PLC 2....	IV-15
Gambar IV. 15 Tampilan Data yang Tersimpan di MySQL.....	IV-16
Gambar IV. 16 Tampilan Data dari <i>Database</i> di Antarmuka Website	IV-17
Gambar IV. 17 Tampilan Halaman <i>Login</i>	IV-19
Gambar IV. 18 Tampilan Halaman <i>Home</i>	IV-20
Gambar IV. 19 Tampilan <i>Sidebar</i> Navigasi Aplikasi	IV-21
Gambar IV. 20 Tampilan Halaman <i>Dashboard</i>	IV-22
Gambar IV. 21 Antarmuka Modul Unit Satuan	IV-23
Gambar IV. 22 Antarmuka Modul Pengelolaan Produk	IV-24
Gambar IV. 23 Antarmuka Modul Pengelolaan Material	IV-24
Gambar IV. 24 Antarmuka Halaman Data <i>Supplier</i>	IV-25
Gambar IV. 25 Antarmuka Halaman <i>Order</i> Material.....	IV-26
Gambar IV. 26 Antarmuka Halaman Rincian <i>Order</i> Material	IV-27
Gambar IV. 27 Antarmuka Halaman <i>Order</i> Barang.....	IV-28

Gambar IV. 28 Antarmuka Modul <i>Bill of Material</i> (BOM)	IV-29
Gambar IV. 29 Antarmuka Detail <i>Bill of Material</i>	IV-29
Gambar IV. 30 Antarmuka Halaman <i>Work In Process</i>	IV-30
Gambar IV. 31 Antarmuka Halaman Penggunaan Material	IV-31
Gambar IV. 32 Antarmuka Halaman Aktual Produksi	IV-31
Gambar IV. 33 Antarmuka Halaman Detail Produksi	IV-32
Gambar IV. 34 Antarmuka Halaman <i>Counting</i> Produksi	IV-32
Gambar IV. 35 Antarmuka Halaman Skedul Produksi.....	IV-33
Gambar IV. 36 Antarmuka Modul <i>Request for Quotation</i> (RFQ).....	IV-34
Gambar IV. 37 Antarmuka Modul <i>Invoice</i>	IV-34
Gambar IV. 38 Antarmuka Halaman Rincian <i>Invoice</i>	IV-35
Gambar IV. 39 Antarmuka Halaman Pengiriman Barang	IV-35
Gambar IV. 40 Antarmuka Halaman Gudang Material	IV-36
Gambar IV. 41 Antarmuka Halaman Gudang Produksi	IV-37
Gambar IV. 42 Antarmuka Halaman Gudang Barang Jadi.....	IV-38
Gambar IV. 43 Antarmuka Laporan Persediaan Stok Material	IV-38
Gambar IV. 44 Antarmuka Laporan Pergerakan Stok Material	IV-39
Gambar IV. 45 Antarmuka Laporan Persediaan Stok Barang Jadi.....	IV-39
Gambar IV. 46 Antarmuka Laporan Pergerakan Stok Barang Jadi	IV-40
Gambar IV. 47 Antarmuka Halaman Laporan Orderan.....	IV-41
Gambar IV. 48 Antarmuka Modul Level Pengguna	IV-42
Gambar IV. 49 Antarmuka Modul Pengelolaan Pengguna.....	IV-43
Gambar IV. 50 Antarmuka Halaman <i>Audit Trail</i>	IV-43
Gambar IV. 51 Tampilan Halaman <i>Landing</i>	IV-45
Gambar IV. 52 Tampilan Halaman <i>Login</i>	IV-45
Gambar IV. 53 Tampilan Halaman <i>Home Admin</i>	IV-46
Gambar IV. 54 Tampilan Halaman <i>Dashboard Admin</i>	IV-47
Gambar IV. 55 Tampilan Halaman Unit Admin.....	IV-47
Gambar IV. 56 Tampilan Halaman Produk Admin	IV-48
Gambar IV. 57 Tampilan Halaman Material Admin	IV-48
Gambar IV. 58 Tampilan Halaman Data <i>Supplier</i> Admin.....	IV-49
Gambar IV. 59 Tampilan Halaman <i>Order Material</i> Admin	IV-49
Gambar IV. 60 Tampilan Halaman Penawaran/RFQ Admin	IV-50
Gambar IV. 61 Tampilan Halaman <i>Invoice</i> Admin.....	IV-50

Gambar IV. 62 Tampilan Halaman Pengiriman Barang Admin.....	IV-51
Gambar IV. 63 Tampilan Halaman Gudang Material Admin.....	IV-51
Gambar IV. 64 Tampilan Halaman Gudang WIP/Produksi Admin	IV-52
Gambar IV. 65 Tampilan Halaman Gudang Barang Jadi Admin	IV-53
Gambar IV. 66 Tampilan Halaman Persediaan Stok Material Admin	IV-53
Gambar IV. 67 Tampilan Halaman Persediaan Stok Barang Jadi Admin	IV-54
Gambar IV. 68 Tampilan Halaman <i>Order</i> Barang Admin	IV-54
Gambar IV. 69 Tampilan Halaman <i>Bill of Material</i> Admin.....	IV-55
Gambar IV. 70 Tampilan Halaman <i>Work In Process</i> Admin	IV-55
Gambar IV. 71 Tampilan Halaman <i>Counting</i> Produksi Admin.....	IV-56
Gambar IV. 72 Tampilan Halaman Skedul Produksi Admin	IV-57
Gambar IV. 73 Tampilan Halaman Laporan Orderan Admin	IV-57
Gambar IV. 74 Tampilan Halaman Level Pengguna Admin.....	IV-58
Gambar IV. 75 Tampilan Halaman Data Pengguna Admin	IV-58
Gambar IV. 76 Tampilan Halaman <i>Audit Trail</i> Admin.....	IV-59
Gambar IV. 77 Grafik Perbandingan Rata-Rata Waktu Siklus Produksi	IV-81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Arduino	xx
Lampiran 2 Program PLC <i>Automation Filling System Station 1</i>	xxii
Lampiran 3 Program PLC <i>Automation Filling System Station 2</i>	xxxiii

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

AC = *Alternating Current*

AFS = *Automation Filling System*

BK = Benda Kerja

DC = *Directing Current*

ERP = *Enterprise Resource Planning*

HMI = *Human Machine Interface*

I/O = *Input Output*

IoT = *Internet of Things*

MES = *Manufacturing Executing System*

OEE = *Overall Equipment Effectiveness*

PLC = *Programmable Logic Control*

SDCL = *Software Development Cyle Life*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan era Industri 4.0, integrasi vertikal antara sistem pada lapisan Teknologi Operasional (OT) dan Teknologi Informasi (IT) telah menjadi suatu keharusan bagi industri manufaktur untuk mempertahankan daya saing[1][2]. Pada lapisan OT, sistem otomasi yang dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) menjadi inti dari efisiensi dan presisi proses produksi, seperti yang ditemukan pada mesin pengisian otomatis (*Automation Filling System*)[3][4]. Meskipun andal dalam eksekusi, sistem kontrol ini seringkali beroperasi sebagai entitas terisolasi, menyimpan data operasional berharga yang tidak dapat diakses secara langsung oleh sistem manajemen di tingkat *Enterprise*[5].

Menyadari pentingnya aliran data ini, penelitian sebelumnya oleh Lestary, dkk. (2024) telah berhasil merintis sebuah solusi dengan membangun sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) yang mampu memonitor data dari mesin *Filling*[6]. Arsitektur pada penelitian tersebut mengandalkan *middleware* komersial, OPC Kepservers, sebagai jembatan komunikasi. Penelitian tersebut telah berhasil membuktikan kelayakan konsep visualisasi data produksi, namun menyisakan ruang untuk inovasi rekayasa lebih lanjut, terutama dalam hal fleksibilitas, transparansi arsitektur, dan efisiensi biaya[4].

Menindaklanjuti hal tersebut, penelitian ini mengambil judul "Peningkatan Sistem Otomasi Pada Mesin *Automation Filling System* Untuk Mendukung *Enterprise Resource Planning* Berbasis Website". Fokus utama dari penelitian ini terletak pada klausa pertama judul, yaitu peningkatan sistem otomasi. Peningkatan yang dimaksud bukanlah sekadar optimasi pada program PLC atau mekanisme mesin, melainkan sebuah peningkatan kapabilitas sistem otomasi secara fundamental, yaitu kemampuannya untuk berkomunikasi dan berintegrasi secara efisien dengan sistem eksternal[7], [8].

Peningkatan kapabilitas ini dicapai melalui sebuah tugas rekayasa spesifik, yaitu merancang ulang dan mengimplementasikan arsitektur jembatan data (*data*

gateway) antara PLC dengan sistem basis data[8]. Jika penelitian sebelumnya menggunakan solusi komersial yang bersifat *black-box*, penelitian ini merencanakan sebuah *gateway* komunikasi dua arah yang transparan dan fleksibel menggunakan *Platform open-source* Node-RED[8]. Proses ini melibatkan perancangan alur logika data, implementasi protokol komunikasi industri Modbus TCP/IP, dan konfigurasi interaksi *real-time* antara PLC Mitsubishi FX5U dengan basis data MySQL.

Dengan demikian, kontribusi rekayasa inti dari penelitian ini adalah pada rancang bangun arsitektur integrasi data OT-IT itu sendiri[2]. *Platform* ERP berbasis web, sebagaimana dinyatakan pada klausa kedua judul, berfungsi sebagai *Platform* hilir untuk validasi dan pembuktian konsep[9]. Kemampuan sistem ERP untuk menerima, mengolah, dan menampilkan data secara akurat menjadi bukti empiris bahwa "Peningkatan Sistem Otomasi" yang direkayasa telah berhasil dan fungsional[9]. Pendekatan ini menempatkan penelitian secara kokoh dalam domain Teknik Rekayasa Otomasi, yang berfokus pada perancangan dan implementasi solusi integrasi sistem siber-fisik yang andal dan efisien[1].

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan analisis pada latar belakang, teridentifikasi adanya kebutuhan untuk melakukan peningkatan kapabilitas integrasi pada sistem otomasi yang ada. Peningkatan ini berfokus pada rekayasa ulang arsitektur komunikasi data untuk mencapai fleksibilitas dan transparansi yang lebih baik. Sehubungan dengan hal tersebut, permasalahan inti dalam penelitian ini dapat dirumuskan ke dalam pertanyaan-pertanyaan rekayasa berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sebuah arsitektur *gateway* komunikasi data berbasis Node-RED yang mampu menjembatani pertukaran informasi dua arah secara andal antara *Programmable Logic Controller* (PLC) pada mesin *Filling* dengan sistem basis data eksternal?
2. Bagaimana alur kerja (*workflow*) spesifik pada Node-RED harus dikonstruksikan untuk dapat melakukan akuisisi data operasional (*read*) dari PLC dan sekaligus mengirimkan perintah kontrol (*write*) dari antarmuka pengguna ke PLC melalui protokol Modbus TCP/IP?

3. Sejauh mana efektivitas dan fungsionalitas dari "peningkatan sistem otomasi" yang telah direkayasa, yang divalidasi melalui kemampuannya untuk menyajikan data produksi secara akurat dan *real-time* pada modul-modul relevan di *Platform* ERP berbasis web?

I.3 Batasan Masalah

Untuk memastikan bahwa penelitian ini tetap terfokus pada tujuan rekayasa yang telah ditetapkan dan dapat diselesaikan dalam alokasi waktu yang tersedia, maka ditetapkan batasan-batasan teknis sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada prototipe mesin *Automation Filling System* skala laboratorium yang terdiri dari dua stasiun kerja utama, yaitu Stasiun 1 (Distribusi) dan Stasiun 2 (Pengisian).
2. Unit pengendali utama (*controller*) yang digunakan dan dianalisis dalam sistem otomasi ini adalah PLC (*Programmable Logic Controller*) dari merek Mitsubishi dengan tipe FX5U.
3. Inti dari rekayasa perangkat lunak dalam penelitian ini adalah pada perancangan, pembangunan, dan analisis *middleware* atau *gateway* komunikasi data. Teknologi yang digunakan dan menjadi fokus utama adalah *Platform open-source* Node-RED.
4. Jalur komunikasi data antara PLC dengan *gateway* Node-RED diimplementasikan secara spesifik menggunakan protokol industri Modbus TCP/IP. Penelitian ini tidak membandingkan kinerja Modbus dengan protokol lain seperti OPC UA.
5. Aplikasi ERP berbasis web yang dikembangkan berfungsi sebagai *Platform* validasi dan visualisasi data (*proof-of-concept*). Penelitian ini tidak bertujuan untuk mengembangkan sistem ERP yang komprehensif atau fitur-fitur SCM yang kompleks. Penekanannya adalah pada pembuktian bahwa data dari sistem otomasi berhasil diintegrasikan.
6. Evaluasi kinerja sistem difokuskan pada dua aspek utama: (a) keandalan dan fungsionalitas arsitektur integrasi data yang dibangun, dan (b) pengukuran parameter dasar kinerja mesin seperti akurasi sensor dan waktu siklus produksi.

7. Objek kerja yang digunakan dalam seluruh proses pengujian adalah benda padat (bukan cairan) yang ditempatkan dalam botol berwarna hitam dan putih.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Selaras dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki tujuan-tujuan spesifik yang berfokus pada pencapaian hasil rekayasa yang terukur. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tujuan

1. Merealisasikan sebuah arsitektur *gateway* komunikasi data berbasis Node-RED yang fungsional, mampu menjadi perantara pertukaran informasi dua arah yang andal antara PLC pada mesin *Filling* dengan sistem basis data eksternal.
2. Membangun dan mendokumentasikan alur kerja (*workflow*) spesifik pada Node-RED yang secara efektif dapat melakukan dua fungsi utama: akuisisi data operasional (*read*) dari *Register* PLC dan pengiriman perintah kontrol (*write*) ke PLC berdasarkan *Input* dari antarmuka pengguna.
3. Menganalisis dan memvalidasi fungsionalitas dari "peningkatan sistem otomasi" yang telah diimplementasikan, dengan tolok ukur keberhasilan berupa kemampuan sistem untuk menyajikan data produksi secara akurat dan *real-time* pada antarmuka *Platform* ERP pendukung.

b. Manfaat

1. Menyajikan studi kasus implementasi arsitektur integrasi OT-IT berbasis teknologi *open-source* (Node-RED) sebagai alternatif dari solusi komersial, yang dapat menjadi referensi bagi penelitian sejenis di bidang rekayasa otomasi.
2. Memberikan kontribusi pada khazanah ilmu pengetahuan mengenai metodologi perancangan dan analisis kinerja *gateway* komunikasi data untuk sistem manufaktur siber-fisik.
3. Menghasilkan sebuah model atau cetak biru (*blueprint*) arsitektur integrasi data yang berbiaya rendah, fleksibel, dan dapat diskalakan,

yang sangat relevan untuk diadopsi oleh Industri Kecil dan Menengah dalam memulai transformasi digital menuju Industri 4.0.

4. Mengembangkan sebuah prototipe sistem otomasi yang terintegrasi penuh, yang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran praktis (*learning tool*) maupun sebagai *Platform* dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut di lingkungan Politeknik Manufaktur Bandung.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika karya tulis ilmiah Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN ANALISIS, memaparkan hasil realisasi sistem, menyajikan data hasil pengujian fungsionalitas dan kinerja, serta melakukan analisis mendalam terhadap data tersebut.

BAB V PENUTUP, merangkum kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan di masa mendatang.